

THESIS

MARBURG

1965

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

**Der Einfluß der Carotisligatur
auf das Schädelwachstum**
(Untersuchungen am wachsenden Kaninchen)

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Wolfram Peglow
aus Königsberg

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Der Einfluß der Carotisligatur auf das Schädelwachstum

(Untersuchungen am wachsenden Kaninchen)

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Wolfram Peglow

aus Königsberg

Marburg 1965

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität am 5. 16. Feb. 1965
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. H. Hensel

Referent: Prof. Dr. med. H.J. Süsse

Correferent: Prof. Dr. med. G.G. Wendt

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Der Einfluss der Carotisligatur auf das Schädelwachstum

(Untersuchungen am wachsenden Kaninchen)

1. Allgemeine Zusammenhänge zwischen Durchblutung und Wachstum.
2. Schädelmissbildungen bekannter und unbekannter Ursache.
3. Topographie und Physiologie der grossen Halsgefässe.
 - 3.1 Verhältnisse beim Menschen.
 - 3.2 Verhältnisse beim Kaninchen.
4. Das Schädelskelett des Kaninchens.
5. Eigene Untersuchungen zur Durchblutung und zum Schädelwachstum nach Durchtrennung der A. Carotis am wachsenden Kaninchen.
 - 5.1 Tiermaterial
 - 5.2 Narkose
 - 5.3 Operationstechnik
 - 5.4 Die Variationen der vorgenommenen Eingriffe an der A. Carotis comm., der A. Carotis externa und interna, den Venen und dem N. Vagus.
 - 5.41 Kontrolltiere
 - 5.42 Einseitige Durchtrennung der A. Carotis comm. rechts.
 - 5.43 Einseitige Durchtrennung der A. Carotis comm. links.
 - 5.44 Carotisligatur beiderseits in 2 Sitzungen.
 - 5.45 Carotisligatur beiderseits in einer Sitzung.
 - 5.46 Ligatur der A. Carotis interna und externa einer Seite.
 - 5.5 Verhalten der Tiere nach der Operation.
 - 5.6 Die Beurteilung des Schädels und der Halsgefässe nach Abschluss des Wachstums.
 - 5.7 Herstellung der Schädelpräparate.
6. Ergebnisse der Untersuchungen.
 - 6.1 Ergebnisse der Angiographie.
 - 6.11 Angiographie der Kontrolltiere.
 - 6.12 Angiographie nach einseitiger Durchtrennung der A. Carotis comm.
 - 6.13 Angiographie nach beidseitiger Durchtrennung der A. Carotis comm.

- 6.14 Angiographie nach einseitiger Durchtrennung der A. Carotis externa und interna unmittelbar an der Gabelung der A. Carotis comm.
- 6.2 Untersuchungsergebnisse am ausgewachsenen Skelettschädel.
- 7. Besprechung der Ergebnisse.
- 8. Zusammenfassung.
- 9. Schrifttum.

Der Einfluss der Carotisligatur auf das Schädelwachstum.

Nachdem Süsse mehrere Monate vorher eine hohe Carotisligatur an sehr jungen Kaninchen durchgeführt hatte, sah er neben unauffälligen Schädeln bei 2 der inzwischen ausgewachsenen Tiere eine schwere Asymmetrie des Skelettschädels (Abb.1).

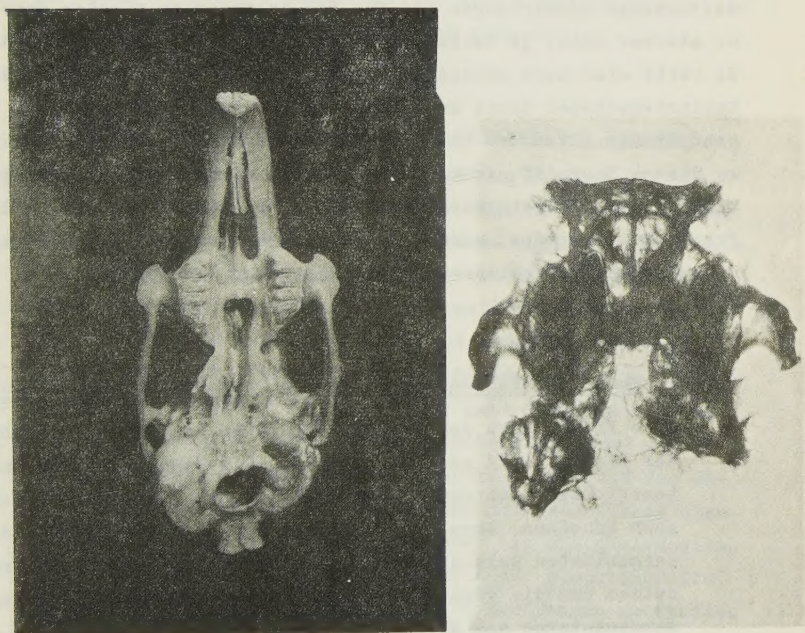


Abb. 1 a und b: Schädelbasis eines Kaninchens nach hoher Carotisligatur (Süsse).

- a. Asymmetrie im Bereich des Arcus zygomaticus und des Foramen magnum; hier weist die linke Schädelbasis eine starke Dysplasie auf.
- b. Zugehöriges Röntgenbild im sagittalen Strahlengang. Starke Asymmetrie und Dysplasie im Condylenbereich und am Jochbogen.

Derartige Unterbindungen der A. Carotis müssen auch beim Menschen nicht selten durchgeführt werden, ohne dass hierbei eine dadurch ausgelöste Wachstumsveränderung an dem von ihr versorgten Schädel aufgefallen wäre. Allerdings ist von vornherein zu erwarten, dass etwaige Asymmetrien oder Dysplasien des Schädels in Abhängigkeit von einer Carotisligatur nur dann auftreten könnten, wenn die Ligatur während der Wachstumsphase durchgeführt würde; etwaige Auswirkungen auf das Schädelwachstum müssten dann umso stärker sein, je zeitiger die Arterienunterbindung stattfände. Es hätte also sein können, dass die erwähnte Asymmetrie der zwei Kaninchenschädel damit zusammenhing, dass die Carotisligatur in sehr frühem Alter und in einer Wachstumsphase durchgeführt wurde, wo dieser Eingriff nicht oder nur unvollkommen durch Umgehung der Ligatur über Kollateralbahnen kompensiert werden konnte. Um diese Frage zu überprüfen, würden jetzt die Gefässunterbindungen an einem grösseren Kollektiv junger Kaninchen wiederholt.

1. Allgemeine Zusammenhänge zwischen Durchblutung und Wachstum.

Alle Fragen nach dem Wachstum berühren ein zentrales Problem der Biologie und auch der Medizin. Die Gesamtheit der Wachstumsprobleme ist heute noch nicht zu überblicken. Man darf aber annehmen, dass ausser den genetisch - biochemisch determinierten Gegebenheiten, die Ausbreitung des Kapillarnetzes und die verschiedenen Kreislauffunktionen, die Zusammensetzung des Blutes als ernähernder Faktor und der Gehalt an Hormonen, Sauerstoff, Vitaminen und anderen Substanzen sowie der Abtransport von Stoffwechselschlacken und der Turgor der Gewebe eine bedeutende Rolle spielen. Eine nicht oder nur unvollkommen kompensierte Unterbrechung der Blutzufuhr könnte somit erwartungsgemäss durchaus die Ursache von somatischen Wachstumsasymmetrien sein. H.J. Rodenhäuser fand bei Experimenten zur Klärung der Uveadurchblutung bei

Drosselung der A. Carotis comm. auf einer Seite eine deutliche Senkung der Durchblutungsgrösse an der Uvea des Augapfels, die sich aber langsam wieder erholte, wenn die Drosselung aufhörte. Dieser Drosselungseffekt war bei beidseitiger Drosselung der A. Carotis comm. noch ausgeprägter. Auf die Hemmung des Wachstums bei Sauerstoffmangel der Gewebe hat Büchner hingewiesen. Wieweit noch andere Noxen (z.B. das Rötelvirus, Thalidomid etc.) an Schädigungen der Gefässsprosse oder durch Veränderung der Kreislauffaktoren beteiligt sind, ist bislang nicht sicher bekannt.

2. Schädelmissbildungen bekannter und unbekannter Ursache.

Belanglose Variationen in der Ausbildung des Gesamtschädels oder seiner Teile sind sehr häufig. Nicht selten sind auch Verschlüsse der A. Carotis interna angiographisch nachgewiesen worden (Tönnis, Riechert u.v.a.). Es handelt sich dabei um Gefässobliterationen, die mit verschiedener Genese meist im Erwachsenenalter beobachtet werden und deswegen für eine etwaige Beeinflussung des Schädelwachstums zu spät kommen. Der Morbus - Sturge - Weber geht jedoch mit einer Durchblutungsveränderung an der Hirnoberfläche und wohl auch der tiefer gelegenen Hirnschichten einher und die dabei zu beobachtende Minderentwicklung der betroffenen Hirn- und Skelettschädelhälfte könnte, ebenso wie die gleichzeitig meist vorhandene übergrosse Stirnhöhle der gleichen Seite, Ausdruck einer gestörten Druck- und Hydrodynamik am Schädel sein (Süsse). Wachstumsveränderungen-bzw. Missbildungen des Schädels - treten im übrigen nicht selten im Rahmen der verschiedensten Missbildungs-Syndrome auf (Leiber- Olbrich, Schinz, Baensch, Uehlinger). Artefizielle Missbildungen am Schädel, neben solchen in anderen Körperregionen, konnten bei strahlenbiologischen Experimenten durch radiogene Schädigung von Keimlingen und Foeten der verschiedensten Tiergattungen hervorgerufen werden (Pobisch, Fritz-Niggli, Kriegel). Im Zusammenhang mit der Wachstumsdysplsie am

Kaninchenschädel der Abb. 1 wurde die Ursache der sogenannten basiliaren Impression und der verschiedenen Entwicklungsanomalien im occipito - cervikalen Übergang des Menschen interessieren (Schmidt), jedoch ist darüber und speziell auch über eine etwa ursächlich beteiligte lokale Durchblutungsveränderung nichts bekannt.

3. Topographie und Physiologie der grossen Halsgefässe.

3.1 Verhältnisse beim Menschen.

Die arterielle Zufuhr erhalten die Kopforgane zu beiden Seiten über die A. Carotis comm. und die A. vertebralis. Erstere teilt sich unterhalb der Schädelbasis in 2 Stämme: Von der A. Carotis externa werden der Gesichtsschädel und die Schädelkapsel mit der Dura mater, den Schädelknochen und den äusseren Weichteilen, von der A. Carotis interna grosse Teile des Gehirns und zugleich über die A. ophthalmica auch frontale Teile der Schädelkapsel versorgt. Die bestehenden Anastomosen sind von grösster Bedeutung, da sie bei etwaigen Gefässverschlüssen physiologische Kollateralbahnen zwischen den verschiedenen Gefässprovinzen darstellen. Es sind mehrere Systeme zu unterscheiden;

1. Anastomosen die zwischen den Versorgungsgebieten der beiden äusseren Halsschlagadern am Gesichtsschädel bestehen.
2. Kollaterale Bahnen die das Versorgungsgebiet der A. Carotis interna mit der A. Carotis interna der Gegenseite, den Verzweigungen der Carotis externa und mit der A. subclavia verbinden.
3. Der Circulus arteriosus willisi lässt über die Aa. Communicantes ant. und post. die beiden inneren Halsschlagadern zusammenfliessen; hält aber auch die Verbindung

zur A. basalis und damit letztenendes über die Aa. vertebrales zur A. subclavia aufrecht. Der Circulus steht fortwährend für den Blutaussgleich zwischen den beteiligten Durchblutungsprovinzen zur Verfügung.

4. Weniger Bedeutung für die Hirnversorgung haben die Anastomosen der oberen und unteren Schilddrüsengefäße, über die das Carotissystem mit der Subclavia in Kontakt steht.
5. Wichtig ist dagegen die Anastomose zwischen Carotis externa und interna über die A. angularis und A. ophthalmica.

Hieraus ergibt sich:

Bei Unterbindung einer A. carotis comm. stellt sich ein Afflux von der A. carotis externa der anderen Seite in die Zweige der ausgeschalteten äusseren Halsschlagader, in deren Stamm und schliesslich rückläufig über die Gabelung in die Carotis interna ein. Zu diesen Ausgleichsmöglichkeiten tritt nach Schneider noch die funktionelle Umschaltung des Kreislaufs, die hauptsächlich vom Sinus caroticus gesteuert wird. Nach Unterbindung einer Carotis comm. fanden M. und D. Schneider eine 70 - 100 % ige Mehrdurchblutung in der gegenseitigen Carotis interna; nach Ligatur der Carotis interna aber nur eine 6 - 10 % ige Steigerung. Bei Ausschaltung des Sympathicus nimmt die Hirndurchblutung um rund 80 % zu. Nach M. Schneider wird die Durchblutung des Gehirns und des Schädels von verschiedenen ineinandergreifenden Faktoren geregelt, so z.B. vom Blutdruck, von der Viscosität des Blutes der CO_2 -Spannung auf der arteriellen, der O_2 -Spannung auf der venösen Seite der Gehirngefäße und erst in zweiter Instanz bei ungenügender Sauerstoffversorgung von der GewebeSeite her. In normalen Grenzen ist eine wesentliche Steigerung der Durchblutung und Capillarisation des Gehirns durch Sympathicus-ausschaltung nicht möglich. Bei allgemeiner oder herdför-

miger Schädigung des Hirngewebes können sich aber von Vasomotorenzentren oder vom Focus aus Spasmen der Gefäße einstellen, deren Lösung durch Sympathicusausschaltung möglich erscheint.

Für den Menschen ist bekannt, dass trotz dieser anatomischen und funktionellen Ausgleichsmöglichkeiten nach Unterbindung einer A. carotis comm. in einem erheblichen Prozentsatz Erweichungsherde im Gehirn auftreten, die zu Lähmungen und dann bei ungefähr 60 % dieser Kranken zum Tode führt. A. Bier-Braun-Kümmel und M. Schneider nehmen an, dass beim Menschen ein vollständiger Durchblutungsstop von 3 Minuten zwar überlebt werden kann, aber bereits irreversible Schäden hervorruft. Dabei ist nicht nur der Wegfall des Nähreffekts des Blutes, sondern auch sein Spüleffekt in Hinsicht auf den Abtransport schädlicher Stoffwechselprodukte zu berücksichtigen. Ischämie ist somit gefährlicher als Anoxämie.

3.2 Verhältnisse beim Kaninchen.

Die arterielle Versorgung des Kaninchenschädels und des Gehirns übernimmt auch hier beiderseits die A. carotis comm. und die A. vertebralis. Es gibt jedoch einige ausgeprägte Unterschiede im Vergleich zum Menschen.

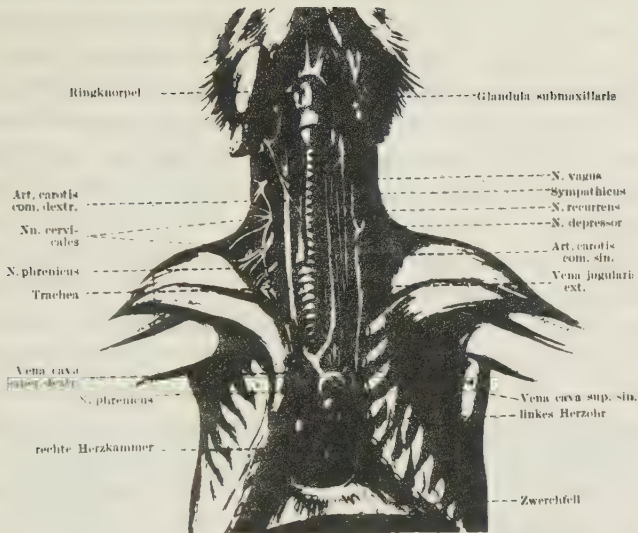


Abb. 2 Topographie der Halsgefäße und Halsnerven
(Aus W. Krause: Anatomie des Kaninchens).

Wie aus Abb. 2 ersichtlich, entspringt beim Kaninchen auch die A. carotis sinistra aus dem Truncus anonymus, und die A. thyroidea sup. aus der A. carotis comm. Die A. maxillaris interna geht durch ein Foramen sphenoidale an der Wurzel des Processus pterioidei. Die Aa. supraorbitalis und frontalis entstehen aus einer A. ophthalmica inferior, einem besonderen Ast der A. maxillaris interna; die A. communicantis fehlt.

Neben diesen Unterschieden hat das Tier die gleichen arteriellen Ausgleichsmöglichkeiten wie der Mensch, denn die für den Menschen bereits beschriebenen Anastomosen bestehen auch hier.

Das Venensystem weicht erheblich von dem des Menschen ab. (W. Krause). Die V. jugularis interna ist nur rudimentär vorhanden, dafür ist die V. jugularis externa stark entwickelt und kommuniziert durch ein Emmissarium temporale mit dem Sinus transversus. Anstatt durch die V. jugularis int. findet das Blut der Schädelhöhle seinen Abfluss hauptsächlich durch ein Foramen cavernosum im Corpus oss. sphenoidalei unterhalb der Hypophyse durch welches der Sinus cavernosus mit einer V. vertebralis mediana kommuniziert. Letztere verläuft in der Medianlinie vor der Wirbelsäule. Zusammen mit anderen kleinen Venen fließen sie alle in die Vv. cavae sup. dextra und sinistra zusammen. Die erstere hält den Verlauf der V. cava sup. des Menschen ein; die letztere mündet in das Herz vermittels des Sinus coronarius. Das Offenbleiben der auch beim Menschen als Varietät vorkommenden V. cava sup. sinistra wird durch das Fehlen jenes Communicationsastes bedingt, der beim Menschen V. anonyma sinistra genannt wird.

4. Das Schädelskelett beim Kaninchen.

Betrachtet man den Aufbau des Kaninchenschädels, so kann er nur bedingt mit dem des menschlichen Skelettschädels verglichen werden. Der Sagittaldurchmesser übertrifft den Transversaldurchmesser bedeutend, dieser wiederum den Vertikaldurchmesser. Die Foramina optica sind in der Medianlinie in einem Foramen verschmolzen. Die Augenhöhlen sind seitlich gestellt, so dass man von der Seite her durch beide Augenhöhlen zugleich sehen kann. Ihre vordere Wand entspricht der medialen Wand des Menschen, die hintere der lateralen. Das Studium der Osteologie des Schädels ist beim Kaninchen dadurch besonders günstig, dass die Nähte zwischen allen Knochen und selbst zwischen einzelner Abteilungen derselben, während des ganzen Lebens erhalten bleiben und besonders bei jugendlichen Tieren sehr deutlicher ausgeprägt sind. Eine Ausnahme hiervon bildet nur der vordere Rand des

zygomaticum der mit dem Proc. zygomaticus maxillae sup. frühzeitig knöchern verwächst, sowie die Alae vomeris, die mit dem Ossa ethmoidea verschmelzen. Überhaupt bietet der Schädel des Kaninchens gegenüber dem Menschen noch einige Besonderheiten, von denen besonders auffällig die Öffnungen des Schädels sind. Das Foramen opticum ist unpaar. Das Foramen rotundum fließt mit der Fissura orbitalis sup., das Foramen ovale mit dem Foramen lacerum zusammen. Das Foramen zygomaticum fehlt. Das Analogon des Foramen sphenopalatinum wird nur vom Os palatinum gebildet. Das Foramen incisivum ist sehr weit; ebenso die Fissura orbitalis inf., die mit der Orbita zusammenfließt.

5. Eigene Untersuchungen zur Durchblutung und zum Schädelwachstum nach Durchtrennung der A. carotis am wachsenden Kaninchen.

5.1 Tiermaterial.

Die Carotisligatur in verschiedenen Variationen wurde an 20 Kaninchen, die aus 4 Würfen stammten, versucht. 4 der jungen Tiere starben während der Einleitung der Narkose und ganz offensichtlich durch die Narkose. Nur bei einem dieser Tiere könnte der plötzliche Tod nerval - reflektorisch erfolgt sein, denn er trat unmittelbar nach Durchtrennung des N. vagus ein. 3 Tiere starben mehrere Wochen (4; 6; 12 Wochen) nach dem Eingriff, ohne dass die Todesursache geklärt werden konnte. Für einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Carotisligatur fanden sich keine Anhaltspunkte. Zur Auswertung verblieben mithin 19 Tiere, bei denen nach Abschluss des Wachstums die Kopfgefäße angiographisch dargestellt werden konnten; die Schädelbefunde konnten dagegen an 18 Tieren erhoben werden, da ausser den Versuchstieren noch 2 Vergleichstiere, an denen kein Eingriff durchgeführt wurde, zur Verfügung standen.

Diese beiden Kaninchen stammten aus den gleichen Würfen wie die Versuchstiere. Das Alter der Tiere eines Wurfs war am Operationstag stets das gleiche. An 7 Tieren wurden die ersten Eingriffe im Alter von 6 Wochen vorgenommen. Da diese Tiere für die hier untersuchte Fragestellung aber bereits etwas gross erschienen, wurde später versucht die Jungtiere noch früher zu operieren. Die Gefässligaturen wurden nicht in den allerersten Lebenswochen durchgeführt, weil bei so jungen Kaninchen die Gefahr einer hohen Narkose- und Operationsmortalität zu gross erschien. Als weiterer Gesichtspunkt kam hinzu, dass es anfänglich nicht feststand, ob das Muttertier sich der jungen Tiere nach der Narkose u. Operation wieder in der notwendigen Weise annehmen würde. Es gelang bei 3 Würfen die Gefässunterbindungen bereits zwischen dem 25. und 35. Lebenstag durchzuführen. Das Muttertier nahm die operierten Tiere sofort wieder an und diese überstanden den Eingriff wesentlich besser als bereits von der Mutter abgesetzte Tiere. Es war nach 2 Tagen bereits kaum möglich an ihrem Verhalten operierte von nicht operierten Tieren zu unterscheiden.

5.2 Narkose.

Als Narkoticum wurde Pernocton, eine wässrige Lösung des Natriumsalzes der Bromallyl. - sec. - Butyl - Barbitursäure gewählt. Es wirkt schnell und muss langsam injiziert werden, andernfalls tritt rasch der Tod ein. 0,8 - 1,0 cm³, während 3 Minuten in die Ohrtrandvene injiziert, reichten stets aus um die Tiere für 5 - 6 Stunden fest schlafen zu lassen.

5.3 Operationstechnik.

Es wird ein etwa 3 cm langer Hautschnitt in der Medianlinie des Halses unterhalb der Cartilago thyroidea gelegt. Die

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsanordnung.

Nummer der Tiere	Art der Eingriffe	Anzahl der Tiere	weiterer Verlauf	Abbildung Nr.
1 u. 2	Kein Eingriff (Kontrolltiere)	2	unauffällig	3a u. b
3 - 6	Ligatur der re. Karotis	4	unauffällig	5a u. b
7 u. 8	Ligatur der re. Karotis u. der V. jugularis	2	unauffällig	6a u. b; 7a u. b
9 u. 10	Ligatur der li. Karotis	2	Nr. 9 starb 4 Wochen nach Eingriff	4a u. b.
11	Ligatur der li. Karotis u. aller Nerven	1	starb 6 Wochen nach Eingriff	./.
12	Ligatur der li. Karotis u. der V. jugularis	1	unauffällig	8a u. b
13	Ligatur der li. Karotis, der V. jugularis u. aller Nerven	1	unauffällig	./.
14	Ligatur der li. Karotis u. der V. jugularis; nach 6 Wochen Ligatur der re. Karotis	1	unauffällig	10a u. b
15 u. 16	Ligatur der beiden Karotiden in einer Sitzung	2	unauffällig	9a u. b
17 u. 18	Ligatur der A. carot. ext. u. int. (rechts bzw. links)	2	Nr. 18 starb 12 Wochen nach Eingriff	11a u. b

Haut wird nach links und rechts verschoben, und der vordere Rand des M. sternomastoideus von dem M. sternohyoideus abgedrängt. Die A. carotis comm. erscheint jetzt als blassrötlicher, pulsierender Strang; ihr ist lateralwärts der Nervus vagus angeschmiegt. Hinter der Carotis comm. sieht man, etwas mehr in der Tiefe verborgen, die dünne V. jugularis interna, begleitet vom Truncus lymphaticus, sowie den in derselben Fascienschleide verlaufenden N. sympathicus und den feinen Ramus cardiacus des N. vagus. Um Blutungen zu vermeiden und um eine spätere Wiederöffnung des Carotislumens sicher zu verhüten, wurde nachdem die A. carotis comm. vom Vagusstumpf gelöst worden war, eine zentrale und periphere Ligatur um die Arterie gelegt und diese zwischen den Unterbindungen durchschnitten. Die Ligaturen wurden im mittleren und z. T. im oberen Drittel der Carotis angelegt.

5.4 Die Variationen der vorgenommenen Eingriffe an der A. Carotis comm., der Carotis externa und interna, den Venen und dem Vagus.

Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich, wurden die Eingriffe variiert, indem in einigen Fällen ausser der A. carotis noch der Vagus oder die Vena jugularis externa durchtrennt wurde.

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsanordnung.

Nummer der Tiere	Art der Eingriffe	Anzahl der Tiere	weiterer Verlauf	Abbildung Nr.
1 u. 2	Kein Eingriff (Kontrolltiere)	2	unauffällig	3a u. b
3 - 6	Ligatur der re. Karotis	4	unauffällig	5a u. b
7 u. 8	Ligatur der re. Karotis u. der V. jugularis	2	unauffällig	6a u. b; 7a u. b

5.41 Kontrolltiere.

Zur Kontrolle dienten 2 Tiere (Nr. 1 und 2). Sie wuchsen mit den übrigen operierten Tieren zusammen auf.

5.42 Einseitige Durchtrennung der A. carotis comm. rechts.

Bei den Tieren Nr. 3 - 6 wurde die rechte A. carotis comm. unterbunden; bei den Tieren Nr. 7 und 8 wurde ausser der rechten Carotis comm. noch die V. jugularis externa ligiert. Alle Tiere überlebten und zeigten ein normales Wachstum des Körpers.

5.43 Einseitige Durchtrennung der A. carotis comm. mit Variationen.

Bei den Tieren Nr. 9 - 14 wurde die linke A. carotis comm. unterbunden.

Bei 3 dieser Tiere wurde noch zusätzlich in der gleichen Sitzung reseziert:

Tier Nr. 11: Alle sichtbaren Nerven

Tier Nr. 12: Vena jugularis externa

Tier Nr. 13: Vena jugularis externa
und alle sichtbaren Nerven.

Zwei dieser Tiere starben akut längere Zeit nach der Operation, Tier Nr. 9 nach 4 Wochen, Tier Nr. 11 nach 6 Wochen, ohne vorher Anzeichen einer Krankheit oder Fressunlust gezeigt zu haben. Die Todesursache ist nicht geklärt. Die Schädel der beiden Tiere standen zur späteren Beurteilung zur Verfügung.

5.44 Carotisligatur beiderseits in 2 Sitzungen.

Da alle Tiere, die diesen Eingriff überlebt hatten, in guter Verfassung blieben, wurde bei Tier Nr. 14 versuchsweise 6 Wochen nach der ersten Carotisligatur in einem zweiten Eingriff die Carotis comm. der anderen Seite unterbunden.

5.45 Carotisligatur beiderseits in einer Sitzung.

Nachdem auch diese Operation von dem Tier gut überstanden wurde, obwohl zur Ernährung des Gehirns nur noch die Aa. ver-

tebrales durchgängig waren, prüfte ich die Frage, ob ein junges Kaninchen nicht auch die Unterbindung beider Carotiden in einer Sitzung überlebt. Das erste Tier (Nr. 15), an dem die gleichzeitige Carotisligatur im Alter von 28 Tagen durchgeführt wurde, überstand ihn gut und zeigte keine Besonderheiten seiner Gewichtszunahme, seines Wachstums und seines Verhaltens. Auch ein zweites Tier (Nr. 16) an dem dieser Versuch im Alter von 32 Tagen wiederholt wurde, überlebte und wuchs normal auf.

5.46 Ligatur der Carotis interna und externa einer Seite.

Aus den bisherigen Versuchen war bereits zu entnehmen, dass die Unterbindung einer oder beider Carotiden durch die sofortige Einschaltung von Kollateralbahnen gut kompensiert wird. Um die Bedeutung der vorhandenen Anastomosen für den Kompensationsvorgang kennenzulernen, wurde schliesslich die wichtigste der unter 3 beschriebenen Anastomosen unterbunden (bei 2 Tieren: Nr. 17 und 18). Nach einem kurzen Hautschnitt unmittelbar unter dem Kieferwinkel und nach Durchtrennung der Fascie cervicalis wurde bei 2 Tieren die hinter dem Kieferwinkel etwas schwer zugängliche Aufteilung der A. carotis comm. sorgfältig freipräpariert und die A. carotis externa u. interna durchtrennt, um den Afflux von der Gegenseite her zu unterdrücken. In diesem Fall bleibt der Circulus arteriosus als Verteilerstelle für die unterbundene Seite übrig. Tier Nr. 18 starb akut 12 Wochen nach dem Eingriff ohne erkennbare Krankheitszeichen und ohne sicheren Zusammenhang mit den Gefässligaturen, während Tier Nr. 17 normal aufwuchs.

5.5 Verhalten der Tiere nach der Operation.

Am Morgen nach der Operation zeigten alle Tiere deutliche Zeichen einer gewissen Desorientierung. Wegen der Möglichkeit, dass nicht nur die Narkose, sondern die plötzliche Minderdurchblutung des Gehirns, Sehstörungen verursacht haben könnte, wurden bei 2 Tieren die Augen ophthalmologisch untersucht; weiter war jedoch kein pathologischer Befund zu erheben. (Für die Augenuntersuchungen bin ich Herrn Privatdozent Dr. Rodenhäuser, Univ.-Augenklinik Marburg (Direktor: Prof. Dr.W.Straub) zu Dank verpflichtet). Danach nahmen alle Tiere gleichmäßig an Gewicht zu und zeigten bis auf die erwähnten plötzlich verstorbenen Tiere, keine Besonderheiten.

5.6 Die Beurteilung des Schädels und der Halsgefäße nach Abschluss des Wachstums.

Um die Verhältnisse an den Hals- und Kopfgefäßen und um die Anatomie des inzwischen ausgewachsenen Skelettschädels zu beurteilen, wurde bei den ausgewachsenen Tieren 5 - 6 Monate nach der Ligatur eine röntgenologische Angiographie durchgeführt. Dann wurde der Skelettschädel der dabei gestorbenen Tiere von seinen Weichteilen befreit, um die Anatomie für etwaige Wachstumsasymmetrien erkennen zu können. Zur Angiographie wurden die ausgewachsenen Tiere wiederum mit Pernoxton in höheren Dosen narkotisiert. Es wurde ein Medianschnitt vom Hals bis ungefähr in Höhe von L 3 gelegt, der Thorax eröffnet, so dass Thorax- und Bauchorgane freilagen. Bei den ersten Angiographien wurde bei dem noch lebenden Tier die Aorta ascendens punktiert. Technisch günstiger erwies es sich bald, die Aorta abdominalis freizulegen, in sie eine Knopfkanüle einzubinden und von dorthier retrograd den Anfangsteil der Aorta und weiter die Hals- und Kopfgefäße aufzufüllen. Als Kontrastmittel wurde

anfangs Urografin gewählt; später aber auf dünnen Bariumbrei übergegangen, mit dem eine kontrastreichere Gefässfüllung zu erzielen ist. Von jedem Tier wurden gewöhnlich mehrere Aufnahmen in den verschiedenen Füllungsphasen mit sagittalem und frontalem Strahlengang angefertigt. Durch die in der Aorta liegenbleibende Knopfkanüle konnte, falls notwendig, Kontrastmittel nachinjiziert werden. Um das Kontrastmittel noch vom Blutstrom verteilen zu lassen, wurde es am noch lebenden Tier (in Narkose) injiziert. Bei Verwendung von Bariumsuspension starben die Tiere allerdings noch während der Injektion.

5.7 Herstellung der Schädelpräparate.

Die verendeten Tiere wurden nach der Angiographie in Höhe von C 7 dekapitiert, der Schädel vom Fell und leicht zu entfernenden Muskelpartien freipräpariert. Die so gewonnenen frischen Schädelpräparate wurden 48 Stunden in 60 - 80 ° Cel. warme Natronlauge gelegt, danach herausgenommen und vorsichtig von Muskeln, Gehirn und Fascien befreit. Anschliessend wurden die mazerierten Schädel 3 Tage mit Wasserstoffsuperoxyd behandelt. Aus dieser Lösung konnten sie weiss, und die einzelnen Schädelpartien in aller Deutlichkeit erkennbar, entnommen werden.

6. Ergebnisse der Untersuchungen.

Wie unter 5.6 bereits eingehend beschrieben, wurden die nach den Gefässligaturen interessierenden Verhältnisse an den Hals- und Kopfgefässen und am Schädel skelett nach Abschluss des Wachstums durch Angiographie und anschliessende Präparation des Schädels beurteilt.

6.1 Ergebnisse der Angiographie.

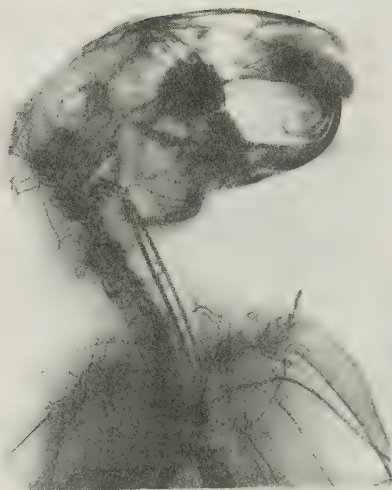
Zunächst ist festzustellen, dass bei der am sterbenden Tier (in Narkose) durchgeführten Angiographie die Weite der gefüllten Gefäße während der verschiedenen Füllungsphasen unterschiedlich ist. Eine Gefäßweitstellung muss somit nicht ohne weiteres eine echte Gefässerweiterung als Folge der vorausgegangenen Gefäßligaturen sein., sondern kann durch den unterschiedlichen Injektionsdruck wie auch dadurch bedingt sein, dass das Tier gewöhnlich während der Injektion der Bariumaufschwemmung verstarb. Die Injektion wurde in den meisten Fällen bei noch tätigem Herzen durchgeführt, damit der Kreislauf den Transport des Kontrastmittels vollziehen konnte; das zunehmend versagende Herz dürfte diese Aufgabe aber mit unterschiedlicher Kraft vollzogen haben. Die Beurteilung der Gefäßweite ist somit nur möglich wenn gleichzeitig alle Gefäße der gleichen Füllungsphase untereinander verglichen und die Breite des Kontrastmittelschatten zueinander in Relation gesetzt werden.

6.11 Angiographie der Kontrolltiere.



Abb. 3 a und b(Tier Nr. 2; Kontrolltier ohne operativen Eingriff). Arteriographie von der Aorta aus in der 20. Woche nach Geburt.

- a. Normale Füllung der A. carotis comm. beiderseits und ihrer Aufzweigungen in die Kopfgefäße sowie der Aa. vertebrales.



- b. Kopfarterien bis an den Gesichtsschädel normal gefüllt. Als Nebenfund Anomalie an den Nagezähnen mit Vorbiss der Unterzähne und abnormer Zahnlänge.

Abb. 3 a und b zeigt die Angiogramme eines der beiden Kontrolltiere, die ohne jeglichen Eingriff mit den übrigen Tieren zusammen aufwuchsen. In klarer Gliederung ziehen die Halsgefäße kopfwärts und füllen hier zu beiden Seiten und über Querverbindungen an der Schädelbasis die Systeme der A. carotis interna und externa auf. Die A. carotis comm. ist auf beiden Seiten von gleicher Breite und in normaler Relation wesentlich dicker als die Aa. vertebrales. Obwohl kein Eingriff vorgenommen war, zeigt gerade eines der Kontrolltiere eine Anomalie der Nagezähne. (Vorbiss der unteren Zähne und überlange Zähne infolge fehlenden Gegendruckes. Abb. 3 b).

6.12 Angiographie nach einseitiger Ligatur der A. carotis comm.

Bei Abb. 4 und 5 (Tier Nr. 10 und 3) zeigen den Füllungs-
ausfall der ligierten Carotis comm.

In Abb. 4 a sind die verbliebenen Halsgefäße, wenn auch nicht sehr auffällig, erweitert. Wie auch am Schatten der Aorta erkennbar, liegt ein allgemeiner Gefäßspasmus vor. Auf der ligierten linken Seite ist eine Nackenarterie als Kollateralbahn in stärkerer Masse erweitert. Im Seitenbild (Abb. 4b) kommen zahlreiche kleinere Kollateralgefäße zur Ansicht, die z.T. korkenzieherartig geschlängelt sind. Zugleich ist es zu einem arterio - venösen Übertritt des Kontrastmittels in die Kopfvenen gekommen. Da wir einen solchen Übertritt nicht in allen Fällen sehen, kommt er möglicherweise - wie bereits besprochen - durch einen besonders hohen Injektionsdruck oder durch noch gute Herzleistung zustande.

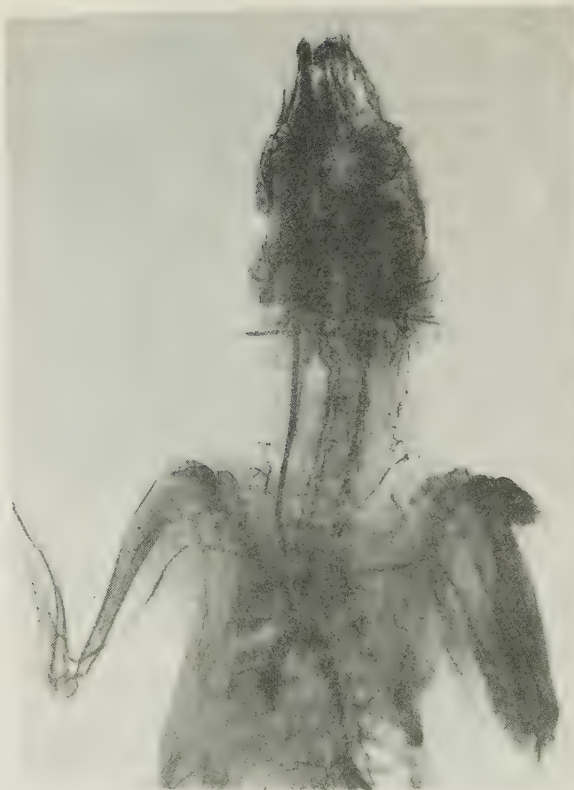


Abb. 4 a und b (Tier Nr. 10; Durchtrennung der linken Carotis comm.; Angiographie 4 Mon.später).

- a. Füllungsausfall der durchtrennten linken Carotis comm. Die verbliebenen Halsgefäße sämtlich etwas erweitert. Gewundene Kollateralbahnen über Weichteilarterien des Halses.



- b. Im Seitenbild mehrere geschlängelte Weichteilkollateralgefäße im Nacken. Symmetrische Füllung der Schädelgefäße. Geringer arterio-venöser Übertritt mit Füllung der V. jugularis externa. Keine Wachstumsveränderungen am Schädel skelett.

Eine nur mässige Weitstellung der verbliebenen linken Carotis comm. und der Aa. vertebrales zeigt Abb. 5 a und b (Tier Nr. 3; Ligatur der Carotis comm. rechts. Hier ist auch der zentrale Stumpf der rechten Carotis mit Kontrastmittel gefüllt.



Abb. 5 a und b (Tier Nr. 3; Durchtrennung der A. carotis comm. rechts; Angiographie 25 Wochen nach Geburt).

- a. Kompensatorische Erweiterung der linken Carotis comm. Von der durchtrennten rechten Carotis ist der schmale zentrale Anteil bis etwa zur Unterbindungsstelle gefüllt. Die Aa. vertebrales ist gering erweitert. Infolge der Anastomosen haben sich sämtliche Kopfarterien, auch auf der Seite der Durchtrennung symmetrisch gefüllt.



b. Hals- und Kopfgefäße im frontalen Strahlengang. Deutliche Darstellung der Halsgefäße und der Aufteilung der Carotis comm. in die Kopfarterien sowie den Anastomosen zu den Aa. vertebrales. Zahlreiche Weichteilarterien des Halses als Kollateralbahnen erweitert.

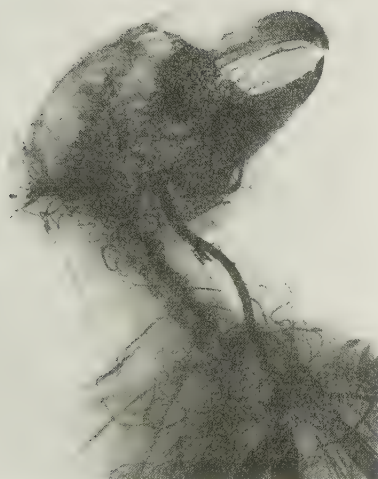
und bis in die halbe Höhe als dünner Gefäßschatten sichtbar. Auf der rechten Seite sind zahlreiche kleinere Halsarterien zu geschlängelten Kollateralgefäßen entwickelt.

In Abb. 6 a und b (Tier Nr. 7; Ligatur der rechten Carotis comm.) ist die linke A. carotis comm. in stärkerem Masse erweitert. Zugleich sind die Aa. vertebrales leicht erweitert und geschlängelt.



Abb. 6 a und b (Tier Nr. 7; Ligatur rechten Carotis comm.; Angiographie 30 Wochen nach Geburt).

- a. Starke Erweiterung der linken Carotis comm. und der Aa. vertebrales. Nur geringe Entwicklung von Kollateralgefäßen.



b. Starke Erweiterung und Schlängelung der Carotis comm. Kleine Nackenarterien als Kollateralbahnen ausgebildet.

Im Seitenbild (Abb. 6 b) kommt die Verlängerung und Schlängelung der verbliebenen und erweiterten Carotis comm. noch deutlicher zur Ansicht. Die auffällige Weitstellung der verbliebenen Carotis und beider Vertebrales könnte durch das Fehlen anderer Kollateralbahnen über die Weichteilarterien bedingt sein.



Abb. 7 a und b (Tier Nr. 8; Ligatur der rechten Carotis comm. und der V. Jugularis externa). Angiographie 24 Wochen nach dem Eingriff.

- a. Die ligierte V. jugularis externa auf der rechten Seite ist gegenüber links erweitert; sie füllt sich bis zur Durchtrennungsstelle; hier abgehende Kollateralvenen sind angedeutet gefüllt.



- b. In die ligierte rechte V. jugularis externa ist eine Knopfkanüle eingebunden worden, durch welche zusätzlich Kontrastmittel injiziert wurde. Die Kopfvenen füllen sich stark und symmetrisch auf, bes. auch in der Augenregion.

Abb. 7 a und b (Tier Nr. 8; Ligatur der rechten Carotis comm. und der V. jugularis) bringt ein arterio - venöses Phlebogramm. Die Weichteilarterien des Halses zeigen relativ wenig kollaterale Erweiterung; dafür ist der periphere Stumpf der rechts ligierten V. jugularis bis zur Durchtrennungsstelle gefüllt und deutlich voluminöser als auf der linken Seite. Abb. 7 b zeigt die Phlebographie vom zentralen Venenstumpf aus. Die auffällige Weit-

stellung der gefüllten Venen dürfte im wesentlichen Folge des angewandeten Injektionsdruck sein.

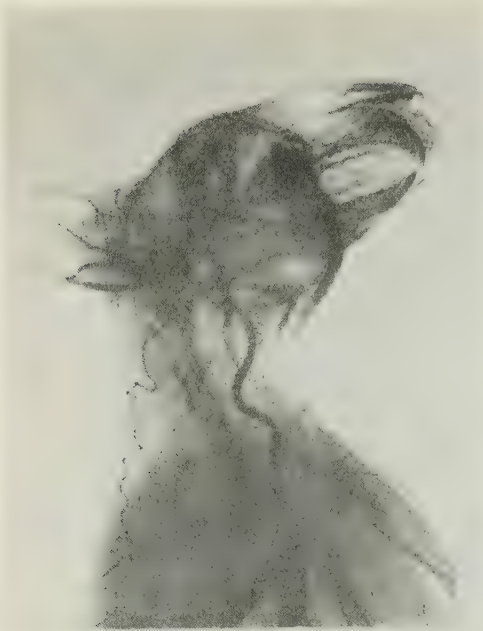
Die stärkste Verlängerung und sich daraus ergebende Schlängelung der verbliebenen A. carotis comm. ist in Abb. 8 b zu erkennen. (Tier Nr. 12; Ligatur der linken Carotis comm.) In Abb. 8 a ist der zentrale Stumpf der ligierten Seite als kurzes, dünnes Gefäß gefüllt. Auf der Seite der ligierten Carotis ist eine kollaterale Nackenarterie erweitert und geschlängelt.

Sämtliche, auch die hier nicht gebrachten, und im wesentlichen ganz ähnlichen Angiogramme beweisen, dass nach einseitiger Durchtrennung der A. carotis comm. infolge einer kompensatorischen Erweiterung der verbliebenen Halsgefäße (laterale Carotis comm., Aa. vertebrales oder Benutzung der Nackenarterien als Kollateralbahnen) die A. carotis interna und externa und die übrigen Arterien des Kopfes auf beiden Seiten normal gefüllt werden. Die vorhandenen Anastomosen bewirken also, dass die Gefäßprovinzen der ligierten Carotis comm. mit Blut versorgt werden und dass angiographisch kein Befund zu erheben ist, der auf eine Minderdurchblutung einer Schädelregion deuten würde.



Abb. 8 a und b (Tier Nr. 12; Durchtrennung der A. carotis comm. links; Arteriographie von der Brustorta aus, 16 Wochen nach Arteriendurchtrennung).

- a. Starkes gewundenes Kollateralgefäß hinter der durchtrennten Carotis comm. links. Weitgestellte und gewundene Carotis comm. rechts und auch erweiterte Aa. vertebrales. Es füllen sich sämtliche Kopfarterien symmetrisch auf.



- b. Frontaler Strahlengang: Die verbliebene rechte Carotis comm. ist stark erweitert und infolge Verlängerung geschlängelt. Stärkere arterio-venöse Venenfüllung am Gesichtsschädel.

6.13 Angiographie nach beidseitiger Durchtrennung der A. carotis comm.

Da auch nach diesem Eingriff das Schädelwachstum äusserlich unauffällig vor sich ging, war anzunehmen, dass auch hierbei die Blutzufuhr zum Schädel ausreichend über die kompensatorisch erweiterten Aa. vertebrales und Nackenarterien erfolgte. Tatsächlich zeigt die Abb. 9 a und b (Tier Nr. 15; Durchtrennung der A. carotis comm. beiderseits), dass allein die Aa. vertebrales und die zahlreichen gewundenen, zu Kollateralbahnen ausgebauten Nackenarterien den gesamten Transport des Kontrastmittels bzw.

des Blutes zum Kopf übernommen haben. Die Aa. vertebrales sind erweitert, vor allem verlängert und deswegen in aussergewöhnlichem Masse geschlängelt. Die enorme Ausdehnung des kollateralen Geflechtes der Weichteilarterien zeigt Abb. 9 b.



Abb. 9 a und b (Tier Nr. 15; Zustand nach Durchtrennung der A. carotis comm. beiderseits; Angiographie 18 Wochen nach dem Eingriff).

- a. Zahlreiche grosse Kollateralbahnen im Bereich der durchtrennten Carotiden. Aussergewöhnlich starke, kompensatorische Erweiterung, Verlängerung und Schlängelung der Aa. vertebrales.



- b. Frontaler Strahlengang: Geschlängelte Kollateralarterien im vorderen Halsbereich sowie in den dorsalen Partien. Über die erweiterten Aa. vertebrales werden sämtliche Kopfarterien gefüllt, indem das Kontrastmittel über Anastomosen von den Aa. vertebrales zu erhaltenen Aufteilungsstelle der A. carotis comm. in Carotis interna und externa fließt.

Von den durchtrennten Aa. carotes communes sind auch die Stümpfe gefüllt. Ebenfalls geschlängelt sind die Aa. vertebrales in Abb. 10 a und b (Tier Nr. 14; Durchtrennung der Carotis comm. beiderseits und der V. jugularis links).



Abb. 10 a und b (Tier Nr. 14; Angiographie 20 Wochen nach Durchtrennung der Carotiden und der V. jugularis links).

- a. Starke Erweiterung der Aa. vertebrales und der rechten V. jugularis. Als Nebenfund deutliche Darstellung der Herzkranzgefäße.



b. Grosses Netz kollateraler Bahnen als Ersatz für die durchtrennten Carotiden. Arterio - venöse Füllung der Venen.

Hierbei sind jedoch die zentralen Stümpfe der durchtrennten Carotiden partiell als schmale Gefässe gefüllt; links nur auf sehr kurzer, rechts auf grösserer Strecke verfolgbar. Wie jedoch das Seitenbild erkennen lässt (Abb. 1ob) sind die Carotes communes tatsächlich durchtrennt und es ist statt dessen ein grosses Netz kollateraler Bahnen über die Weichteilarterien ausgebildet worden. Von der durchtrennten linken V. jugularis füllt sich auch der periphere Stumpf nicht auf, während sich die rechte Vene im ganzen Verlauf stark erweitert arterio - venös auffüllt.

6.14 Angiographie nach einseitiger Durchtrennung der A. carotis interna und externa unmittelbar an der Gabelung der Carotis comm.

Von den 2 in dieser Weise operierten Tieren starb das Tier Nr. 18 12 Wochen nach der Operation ohne Klärung der Ursache, aber ohne sichtbare Wachstumsstörung des Schädels. Angiogramme konnten aus äusseren Gründen nicht angefertigt werden.

Die Angiographie des verbliebenen Tieres zeigen die Abb. 11 a und b (Tier Nr. 17; Ligaturen auf der rechten Seite).



Abb. 11 a und b (Tier Nr. 17; Ligatur der A. carotis externa und interna links, Angiographie 20 Wochen nach dem Eingriff).

a. Spastische Engstellung der verbliebenen Carotis und der Aa. vertebrales.



- b. Die rechte Carotis comm. und ihre Aufteilung in Carotis externa und interna ist normal. Die rechte Carotis füllt sich nicht auf, jedoch stellen sich Teile der linken Interna und Externa dar, die somit trotz Durchtrennung an der Gabelungsstelle über Anastomosen oder Kollateralbahnen gefüllt worden sind. Allerdings sind die linken Arterien weniger stark gefüllt als rechts. Auffallend wenig Kollateralbahnen in den Nackenweichteilen.

In Abb. 11 a sind sämtliche Gefäße in stärkerer Masse spastisch enggestellt. Von der ligierten Carotis comm. füllt sich eben sichtbar der zentrale Stumpf auf. Auf dem Originalfilm, der die Verhältnisse besser erkennen lässt als die Reproduktion, wird deutlich, dass sich zu Beginn der Kontrastmittelinjektion die Kopfgefäße auf der Seite der durchtrennten Carotidgabel zeitiger und besser füllen als auf der

Seite der erhaltenen Carotis comm. Das könnte darauf beruhen, dass in der Provinz der ligierten Carotis weniger Gegendruck herrscht und deswegen das Kontrastmittel schneller über die Anastomosen in die Provinz der ligierten Carotis fließt.

Nach weiterer Injektion füllen sich jedoch auch die Kopfgefäße auf der Seite der erhaltenen Carotis und es sind die Füllungsunterschiede an den Kopfgefäßen beider Seiten nur noch angedeutet sichtbar. Das noch später angefertigte Seitenbild (Abb. 11 b) zeigt jetzt die verbliebene Carotis comm. deutlich weitgestellt. Stärker entwickelte Kollateralbahnen der Weichteilarterien fehlen. An der unverletzten Carotis ist ihre Gabelung und die Seitenäste zu erkennen. Auf der ligierten Seite ist über Anastomosen Kontrastmittel in die A. Carotis interna übergetreten, während die ventralen Anteile der Carotis externa offenbar nicht oder zumindest weniger gefüllt sind. Offensichtlich hat in diesem Falle der Eingriff an der Carotidgabel erstmals zu einer Durchblutungsasymmetrie in den Kopfarterien beider Seiten geführt.

6.2 Untersuchungsergebnisse am ausgewachsenen Skelettschädel.

Wie in Abschnitt 5.7 beschrieben, wurden die Schädel aller Tiere im Alter von 5 - 6 Monaten, also nachdem die Wachstumsphase abgeschlossen war, nach Freipräparieren durch äußerliche Inspektion und z. T. auch mittels Röntgenaufnahmen auf etwaige Abweichungen hin untersucht.

Obwohl an den 2 Kontrolltieren keinerlei Eingriffe vorgenommen wurden, zeigte eines der Tiere die bereits erwähnte Gebissanomalie (Abb. 3 b); darüber hinaus war jedoch keine auffällige Deformierung oder Asymmetrie festzustellen. Derartige Gebissanomalien sollen bei Nagetieren nicht ganz selten spontan auftreten. In Analogie dazu kann bei Ratten

eine abnorme Verlängerung der oberen Nagezähne beobachtet werden, wenn die unteren Nagezähne extrahiert wurden (Süsse). Im übrigen wiesen weder die Schädel der Tiere, bei denen die Carotis comm. auf der rechten oder linken Seite oder einseitig die V. jugularis, noch die Schädel jener Tiere, bei denen die Carotis comm. beiderseits durchtrennt worden war, eine auffallende Asymmetrie am Schädel skelett auf.

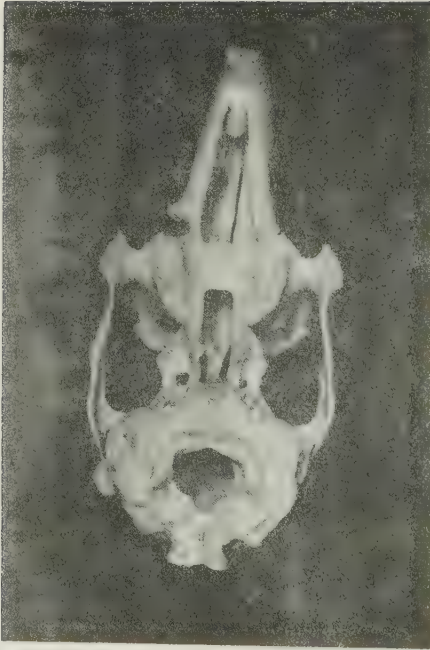
Geringe Asymmetrien am Skelett der äusseren Gehörgänge fanden sich fast regelmässig und dürften dadurch zustandekommen, dass - rassisch unterschiedlich - die Tiere meist ein mehr stehendes und ein mehr hängendes Ohr tragen.

Lediglich der Schädel jenes Tieres, bei dem die Carotis externa und interna an der Gabel der Carotis comm. durchtrennt worden war, weist eine mässige aber deutliche Seitenasymmetrie auf. In der dazugehörigen Abb. 12 a ist der rechte Hirnschädel deutlich kleiner und es reicht auch der linke Jochbogen weniger weit nach vorn als auf der anderen Seite. Von der Basis her gesehen (Abb. 12 b) ist trotz richtiger Einstellung der Hirnschädelbasis das Nasenskelett leicht verkantet und auch die Protuberantia occipitalis externa zeigt eine geringe Asymmetrie. Diese Veränderungen am Skelettschädel sind wesentlich geringer als jene in Abb. 1, jedoch weisen sie in die gleiche Richtung. Wie in Abschnitt 6.14 besprochen und in den Abb. 11 a und b dargestellt, hatte die Angiographie bei diesem Tier, erstmals in der ganzen Serie, eine Durchblutungsasymmetrie in den Kopfarterien gezeigt. Somit fanden sich hier gleichzeitig eine Asymmetrie der Durchblutung des Kopfes und eine leichte Asymmetrie des Skelettschädels; es wäre also möglich, dass die Asymmetrie des Schädels auf die Asymmetrie der Durchblutung zurückzuführen ist.



Abb. 12 a und b (Tier Nr. 17; Ligatur der Carotis externa und interna rechts, zugehöriges Angiogramm siehe Abb. 11 a und b).

- a. Hirnschädel des Kaninchens. Asymmetrie der Jochbögen. Rechter Hirnschädel kleiner als links.



b. Asymmetrie im Bereich des Nasenskeletts, der Condylen und der Protuberantia occipitalis.

7. Besprechung der Ergebnisse.

Die normalen Befunde am Skelettschädel der ausgewachsenen Tiere beweisen, dass beim Kaninchen weder die einseitige Durchtrennung der Carotis comm. noch die zusätzliche Unterbindung einer V. jugularis oder eines Nerven, beides in früher postnatalen Wachstumsstufe durchgeführt, Wachstum und Ausbildung des Schädels verändern. Selbst die in einer Sitzung durchgeführte beiderseitige Durchtrennung der Carotis comm. wird von jungen Tieren überlebt und verändert das Schädelwachstum ebenfalls nicht. Die Erklärung dafür ergibt sich aus den angiographischen Befunden. Danach wird die Ligatur einer Carotis comm. durch die Erweiterung der auf der Gegenseite verbliebenen Carotis und beider Aa. vertebrales kompensiert. Hiermit wird auch röntgenanatomisch die von M. und G. Schneider funktionell erwiesene kompensatorische Mehrdurchblutung der verbliebenen Gefäße bestätigt. Hinzu kommt der angiographische Nachweis einer z. T. starken Verlängerung und Schlingelung, sowie der Ausbau von Kollateralbahnen über korkenzieherartig gewundene Arterien der Halsweichteile. In gleicher Weise voll kompensiert wird die beiderseitige Durchtrennung der A. carotis comm. Hier übernehmen die Aa. vertebrales und das jetzt noch stärker entwickelte kollaterale Netz der Halsweichteilarterien unter starker Erweiterung und Schlingelung die Blutzufuhr zum Kopf. Dieser wird dadurch seitengleich mit Blut versorgt.

Entscheidend sind die auf der gleichen Seite wie zur Gegenseite hinüber bestehenden Anastomosen, über die sich die Durchblutungsprovinzen der durchtrennten A. carotis comm. füllen. Sämtliche Regionen des Schädels werden dadurch seitengleich und offenbar auch im normalen Umfange durchblutet. Unterbindungen der A. carotis comm. einer oder beider Seiten sind somit als Ursache von Schädel-

asymmetrien auszuschliessen, selbst wenn sie am noch sehr jungen Kaninchen stattfinden. In Analogie dürfte gleiches für den jugendlichen Menschen zutreffen. Anders scheint es jedoch bei jungen Tieren zu sein, bei denen die Carotis externa und interna peripher der Gabelung der Carotis comm. durchtrennt werden (Abb. 11 und 12; Tier Nr. 17). Hier zeigt das Angiogramm sowohl eine stärkere Durchblutungsasymmetrie als auch eine gewisse Asymmetrie des Skelettschädels. Hier scheint ein Zusammenhang zwischen der Asymmetrie der Durchblutung und der Asymmetrie des Skelettschädels möglich, und kann Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen sein. Eine sichere Aussage oder Verallgemeinerung verbietet sich vorläufig, weil nur ein Tier nach diesem Eingriff angiographisch kontrolliert werden konnte.

Nach Durchtrennung einer V. jugularis oder eines N. vagus ist weder eine Asymmetrie der Durchblutung noch eine Asymmetrie in der Entwicklung des Schädels aufgetreten. Inwieweit verschiedentlich zu beobachtende Unterschiede in der Ausbildung der Kollateralbahnen auf diese zusätzlichen Eingriffe zurückgeführt werden dürfen, muss vorläufig offen bleiben. Im allgemeinen war zu bemerken, dass die verbliebenen grossen Halsgefässe besonders dicklumig waren, wenn sich kollateralbahnen über die Weichteilarterien nur wenig entwickelt hatten. Bezüglich der von Süssle beobachteten starken Asymmetrie zweier Kaninchenschädel nach frühzeitigen Gefässligaturen (Abb. 1), sprechen die jetzigen Versuchsergebnisse dagegen, dass sie etwaige Folge einer Ligatur der A. carotis comm. auf einer oder beiden Seiten waren. Falls sie überhaupt durch die Gefässligaturen zustande kamen, dann weisen die jetzigen Befunde auf die Möglichkeit hin, dass sie Folge einer Gefässligatur im Bereich der Carotisgabel, d. h. an der Carotis interna oder externa waren.

8. Zusammenfassung.

An einem grösseren Kollektiv von Kaninchen wurde untersucht, ob die ein- oder beidseitige Durchtrennung der A. carotis comm. einen Einfluss auf die Durchblutung und das Wachstum des Schädels hat, wenn die Gefässligatur am jungen, sich noch in der Stillperiode befindlichen Kaninchen, ausgeführt wird.

Die Arterien durchtrennung wurde in verschiedener Weise kombiniert mit gleichzeitigen Durchtrennungen der V. jugularis und des N. vagus. Die einseitige Ligatur der Carotis comm. und selbst eine Durchtrennung auf beiden Seiten in der gleichen Sitzung wurden von den jungen Tieren ohne Komplikationen überstanden. Wie die weitere Beobachtung ergab, haben die Eingriffe an diesen Gefässen, besonders auch an einer oder beiden Carotiden keinen hemmenden Einfluss auf das Schädelwachstum. Das Schädelskelett entwickelt sich danach bei allen zur abschliessenden Beurteilung zur Verfügung stehenden 18 Tieren symmetrisch und zu normaler Grösse.

Die Erklärung hierzu ergibt die nach Abschluss des Wachstums durchgeführte Angiographie. Daraus geht hervor, dass die Blutzufuhr zum Kopf in vollem Umfange über die kompensatorisch erweiterte Carotis der anderen Seite, über die ebenfalls erweiterten Aa. vertebrales und über unterschiedlich entwickelte kollaterale Weichteilarterien des Halses aufrecht erhalten wird. Die dafür kompensatorisch benutzten Arterien weisen ausser der Erweiterung eine in mehreren Fällen ausgeprägte Schlingelung auf.

Stärkste Weitstellung und Schlingelung der Aa. vertebrales sowie die Ausbildung eines besonders ausgeprägten Netzes gewundener Kollateralbahnen über die Weichteilarterien des Halses kommen nach beidseitiger Unterbindung der A. carotis comm. zustande.

Auch durch zusätzliche Durchtrennung der V. jugularis oder des Vagus einer Seite war weder eine Durchblutungs- noch eine Wachstumsasymmetrie zu erzielen.

Lediglich 2 Tiere, bei denen die A. carotis externa und interna auf einer Seite direkt peripher der Carotisgabel durchtrennt worden waren, wiesen eine zwar mässige starke, aber doch deutliche Asymmetrie des Schädelskeletts auf. Da die bei einem der Tiere vorgenommenen Angiographie eine Durchblutungsasymmetrie an den Kopfgefässen zeigte, könnte die Wachstumsasymmetrie des Schädels Ausdruck der Durchblutungsasymmetrie und somit auf die Gefässligaturen und ihre spezielle Lokalisation zurückzuführen sein. Möglicherweise kann die in dieser Region durchgeführte Ligatur nur unvollständig über die Anastomosen kompensiert werden.

Die Anzahl der Beobachtungen gestattet es, sowohl die einseitige als auch die beidseitige Durchtrennung der A. carotis comm. als Ursache von Wachstumsstörungen am Schädel junger Kaninchen auszuschliessen. Dagegen ergeben sich Anhaltspunkte dafür, dass eine Asymmetrie der Durchblutung und daraus resultierend auch des Schädelwachstums auftreten könnte, wenn nicht die A. carotis comm., sondern einseitig die A. carotis interna und externa ligiert werden. Eine sichere Aussage ist jedoch erst möglich, wenn dieser Eingriff in dieser bekannten Gefässregion an einer grösseren Zahl von Tieren durchgeführt sein wird.

9. Literaturverzeichnis.

Benninghoff, A.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
München und Berlin: J.F. Lehmann 1944.

Bergstrand, H., Olivercrona, H. und Tönnis, W.: Gefäß-
missbildungen und Gefäßgeschwülste des Gehirns. Leip-
zig: Georg Thieme 1936.

Bier - Braun - Kümmel: Chirurg. Operationslehre Bd. III.
Leipzig: J.A. Barth 1955.

Codechtl, G.: Die Bestimmung der Hirndurchblutungs-
grösse und ihre klinische Bedeutung. Med. Klin. 48,
1241 - 1245 (1953).

Breitner, B.: Chirurg. Operationslehre Bd. II. Mün-
chen und Berlin: Urban und Schwarzenberg 1955.

Brobeil, A.: Hirndurchblutungsstörungen, ihre Klinik
und arteriographische Diagnose. Stuttgart: Georg
Thieme 1950.

Büchner, F.: Allgemeine Pathologie. München - Berlin:
Urban und Schwarzenberg 1959.

---: Experimentelle Entwicklungsstörungen durch allge-
meinen Sauerstoffmangel. Klin. Wschr. 1948.

Corning, H.K.: Lehrbuch der topographischen Anatomie.
Berlin: Springer 1946.

Fritz - Niggli, H.: Strahlenbiologie, Grundlagen und
Ergebnisse. Stuttgart: Georg Thieme 1959.

Gerlach, G.: Missbildungen des Schädels und des Gehirns.
Im Handbuch der Neurochirurgie Bd. 4, Teil 1. Berlin -
Göttingen - Heidelberg: Springer 1960.

Haberland, H.F.O.: Die operative Technik des Tierexperiments. Berlin: Springer 1926.

Kriegel, H.: Missbildung durch ionisierende Strahlen. Hippokrates 34, 89 - 92 (1963).

Krause, W.: Die Anatomie des Kaninchens. Leipzig: Engelmann 1868.

Langer, K.: Über die Blutgefässe der Knochen, des Schädeldaches und der harten Hirnhaut. Denkschr. Kais. Akad. Wien, math.-naturwiss. Kl. 37, 217 - 240 (1877).

Leiber - Olbrich: Wörterbuch der klinischen Syndrome. München - Berlin - Wien: Urban und Schwarzenberg 1957.

Lindgren, E.: Röntgenologie (einschliesslich Kontrastmethoden). Im Handbuch der Neurochirurgie Bd. II. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Springer 1954.

N achtheim, H. : Züchtungskunde 11, 273 (1936).

Rauber, A. und Kopsch, Fr.: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. Leipzig: Georg Thieme 1939.

Pernkopf, E.: Topographische Anatomie des Menschen, Bd. 4/1. München - Berlin, - Wien: Urban und Schwarzenberg 1957.

Pobisch, R.: Die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf den Kaninchenembryo. Radiol. Austriaca Bd. 11, 18 - 92, (1961).

Riechert, T.: Die Arteriographie der Hirngefäße bei einseitigem Verschluss der Cauda interna. Nervenarzt 11 (1938).

---: Die Arteriographie der Hirngefäße. München - Berlin: Urban und Schwarzenberg 1949.

Rodenhäuser, H.J.: Uveadurchleuchtung und Augeninnendruck. Bücherei des Augenarztes, Heft 42, Stuttgart: Ferdinand Enke 1943.

Spaltholz, W.: Handbuch der Anatomie des Menschen. Leipzig: S. Hirzel 1933.

Süsse, H.J.: Ist die Asymmetrie der Stirnhöhle von pathognostischer Bedeutung? Fortschr. Röntgenstr. 92, 165 - 170 (1960).

---: Die Gefäßstrukturen der Schädelknochen, ihre Anomalien und ihre Röntgenpathologie. Im Handbuch der Med. Radiologie, Bd. VII/1. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Springer 1963.

Schmidt, H.: Okzipitale Dysplasien. Fortschr. Röntgenstr. 10, 691 - 703 (1959).

Schinz, H.R., Baensch, W.L., Friedl, E. und Uehlinger, E.: Lehrbuch der Röntgendiagnostik. Stuttgart: Georg Thieme 1952.

Schneider, M.: Die Physiologie der Hirndurchblutung. Dtsch. 2. Nervenheilkunde 162, 113 - 139 (1950).

---und D. Schneider: Untersuchungen über die Regulierung der Gehirndurchblutung. Naunyn - Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmacol. 175, 606 - 664 (1934).

Schoenmakers, J. und Scheunemann, H.: Angiographische Untersuchungen der A. carotis externa. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 23, 345 - 360 (1956).

Schuchardt, E.: Über Wachstumsrelationen am Schädel und Gehirn von Säugetieren in Ontogenese und Phylogenese. 2. Morph. Anthropol. 45, 73 - 134 (1953).

Taveras, J.M., Mount, A. and Friedenber, R.M.: Arteriographic demonstration of external - internal carotid anastomosis through the ophthalmic arteries. Radiology 63, 525 - 530 (1954).

Tönnis, W.: Pathophysiologie und Klinik der intrakraniellen Drucksteigerung. Im Handbuch der Neurochirurgie Bd. 5. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Springer 1959.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren
und Dozenten

an der Philipps - Universität Marburg:

Beckmann, Berendes, Braun - Falco, Bücher, Dimroth,
Eggstein, Exner, Förster, Gedigk, Gross, Hamm, Hart-
mann, Heusel, Heuser, Hildebrand, Hornung, Huber, Ja-
cob, Kessler, Lang, Linneweh, Löhr, Lübbers, Mahr,
von Manger - König, Mattes, du Mesnil de Rochemont,
Müller, Neubauer, Niessing, Nieth, Oksche, Oemig,
Petry, Seidel, Siegert, Siess, Süsse, Streicher,
Stein, Straub, Schwaiger, Schiff, Schmid, Schmitz,
Schölmerich, Walcher, Walter, Würtele.

an der Christian - Albrechts - Universität Kiel:

Becker, Doerr, Hörmann, Reinwein, Wanke.

Lebenslauf.

Als Sohn des Kriminalbeamten Karl P e g l o w und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Saunus, wurde ich am 21.10.1938 in Königsberg/Ostpr. geboren. Nach der Flucht 1942 und längerem Aufenthalt in Flüchtlingslagern, besuchte ich von 1947 bis 1950 die Volksschule in Ziegenhain/Hessen. Danach bestand ich die Aufnahmeprüfung für ein Realgymnasium und besuchte bis 1953 die August - Vilmar - Schule in Homberg/Hessen. Da mein Vater, der 1950 aus russischer Kriegsgefangenschaft entlassen worden war, in Kassel wieder bei der Kriminalpolizei eingestellt wurde, besuchte ich dort von 1953 bis 1959 die Wilhelmsschule, an der ich auch Ostern 1959 die Reifeprüfung bestand. Im Anschluss daran begann ich mein Medizinstudium. Die ersten 6 Semester studierte ich in Marburg, wo ich auch nach dem 5. Semester mein Physikum mit "sehr gut" bestand. Das Sommersemester 1962 studierte ich in Kiel, ging dann aber nach Marburg zurück, um dort mit dem medizinischen Staatsexamen mein Studium abzuschliessen.

Wolfram Peglow

